33 Pages

115 S.P

ملخص

علم المواد

- اختبارات المعادن
- مخطط الاتزان الحراري
- مخطط الحديد و الكربون

هندسة الميكانيك العام

السنة الثانية

#VivaRBCs

فريق الكريات الحمراء التطوعي

رياضيات 3

RBCs HAMAK

مقدمة عن الاختبارات

_أهم الاختبارات التي تجري على المعادن:

- اختبارات تصميمية.
- اختبارات تكنلوجية.
- اختبارات لا إتلافية.

وسنبدأ بـــدراسة الاختبارات التصميمية.

- اختبارات تصميمية.

وتقسم إلى:

1. اختبارات استاتيكية:

هذه الاختبارات تجري على عينات نظامية مأخوذة بأبعاد قياسية حتى نتمكن من المقارنة بين النتائج.

وتتم هذه الاختبارات تحت تأثير حمولات منتظمة او بطيئة جدا.

ومن هذه الاختبارات:

-اختبار الشد.

-اختبار الضغط.

-اختبار الانحناء.

-اختبار القص.

-اختبار الفتل.

-اختبار القساوة الستاتيكية.

2. اختبارات ديناميكية:

-اختبار القساوة الديناميكية.

-اختبار الصدم.

3. اختبارات في ظروف مغايرة:

-اختبار الزحف.

-اختبار التعب.

-اختبار التصدع.

-اختبار النفق الهوائي.

وهنا تنتهي الاختبارات التصميمية وأقسامها الثلاثة وسنمر على كل اختبار منها بالتفصيل.

- **الاختبارات التكنلوجية:**

اختبارات نهدف من خلالها الحكم على مدى قابلية المادة لإجراء عمل ما أو لا.

مثال: (قابليتها للحام,للسباكة....).

- **اختبارات لإتلافية:**

اختبارات نهدف من خلالها الحكم على المادة قبل ان تنهار وهي اختبارات لاتؤدي لإتلاف المادة المختبرة وإنما يمكن إعادة استخدامها.

اهم طرق اختباراتها:

-الاختبار بالفحص البصري.

-الاختبار بالسوائل الكاشفة.

-الاختبار بالأشعة السينية.

-الاختبار بالموجات فوق الصوتية.

-الاختبار بالتيارات الدوامية.

أهم العيوب التي يمكن أن تتواجد بالمواد والتي يمكن اكتشافها بالاختبارات اللاإتلافية:

-عيوب متأصلة تتواجد أثناء تصنيع المادة.

-عيوب تصنيعية.

-عيوب تشغيلية مثل وجود مسامية.

-تشققات,تراكب,ثقوب.

-تجمعات العناصر المعدنية أثناء التجمد.

اختبار الشد

يعد أحد أهم الاختبارات الميكانيكية وذلك لكثرة النتائج الحسابية التي يمكن من خلاله الحصول عليها.

شكل عينة الإختبار:

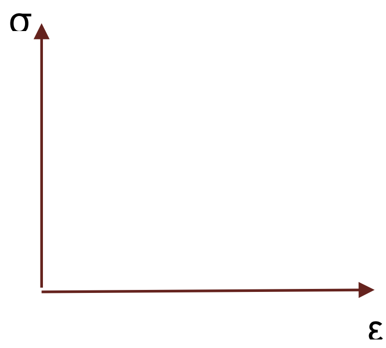
الطول اللحظي للعينة= L_i

الاجهاد = σ

انفعال = ε

$L_0 =$ الطول القياسي أو الاساسي للعينة

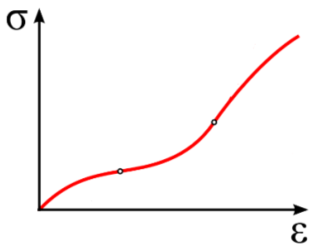
$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$



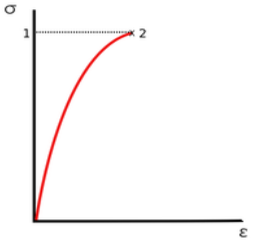
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{l_0} = \frac{L_i - L_0}{L_0} \Rightarrow \varepsilon = \frac{L_i}{L_0} - 1$$

بعض منحنيات اختبار الشد لبعض المواد:

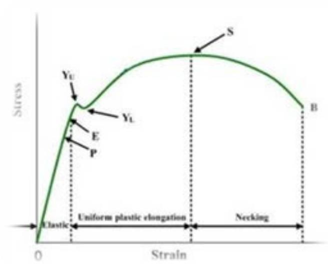
> ملاحظة: يمكن ان يأتي سؤال في المسألة لأي مادة هذا المنحني



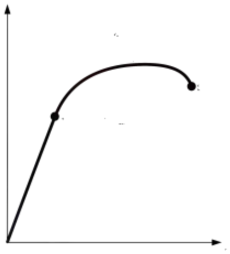
لعينة من مادة هشة (حديد)



لعينة من مادة لدنة (بلاستيك, فولاذ طري)

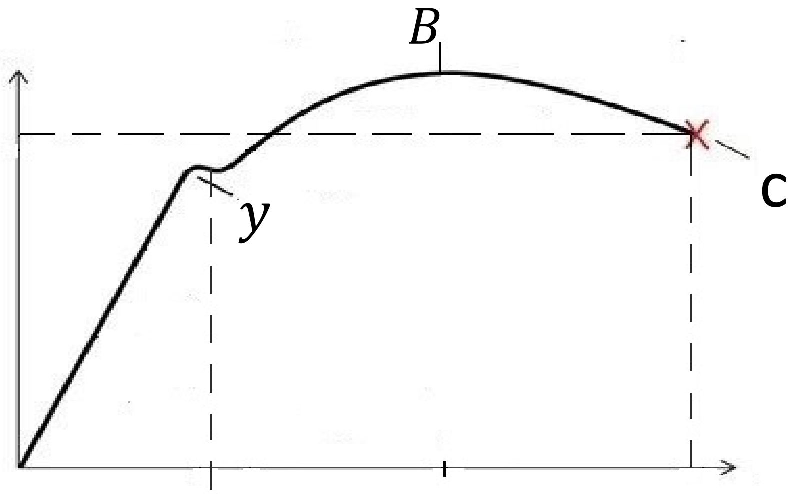


لعينة من مادة مطيلية (النحاس الأحمر, الذهب, الفضة....)



لعينة من مادة نصف مطيلية (نحاس الأصفر....)

ندرس منحني مادة مطيلية:



1. تمثل النقطة y حد الانسياب او حد الخضوع أو حد المرونة حيث المجال **oy** يسمى مجال المرونة. (أي انه عند رفع الحمولة المطبقة تعود العينة لوضعها الطبيعي)

هذا المجال يتبع لقانون هوك:

$$\sigma = \varepsilon . E$$

حيث: E تمثل معامل المرونة.

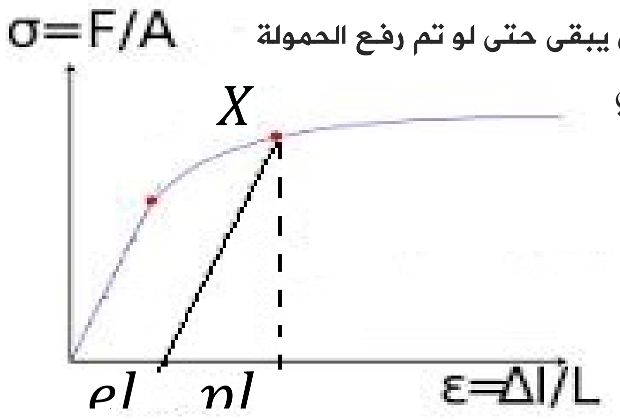
2. تمثل النقطة **B** اقصى حمل تتحمله المادة دون أن تنكسر عندها يكون قيمة الإجهاد عظمى ***outs***.

ملاحظة هامة:

تكون قيمة الانفعال الحاصل في العينة موزعة بشكل متساوي على كامل سطح العينة قبل النقطة b الممثلة لأكبر إجهاد تتحمله المادة اما بعد هذه النقطة فيحدث تغير موضعي في الانفعال نتيجة جود تخصور في مقطع العينة وهذا ما يعرف **بالانفعال الموضعي**.

3. النقطة c هي نقطة الكسر ويسمى الجهاد المطبق لحظة الكسر بإجهاد الكسر.

4. في مجال اللدونة yc يظهر في عينة انفعال (تشوة)دائم نتيجة انزياح ذرات المعدن تؤدي إلى حصول استطاله بالمعدن و تضيق في المقطع هذا التشوه يكون عباره عن مجموع انفعالين انفعال مرن و لدن حيث ان الانفعال المرن يزول في حال رفع الحمولة المطبقة بينما اللدن يبقى حتى لو تم رفع الحمولة ويكون عودة العينة في الانفعال المرن نتيجة رفع الحمولة بخط يوازي خط المرونة لها وهو موضح بالشكل:



$$\varepsilon_x = \varepsilon_{pl} + \varepsilon_{el}$$

عند وضع الحمولة $\varepsilon_x = \varepsilon_{pl}$.

حيث: el انفعال مرن.

pl انفعال لدن.

اهم العلاقات المستنتجة من اختبار الشد

1) $\sigma = \frac{F}{A_0}$ $\quad E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$ $\quad \sigma = \varepsilon . E$

حيث:

ε: الانفعال ليس له واحدة.

σ: الاجهاد N/M.

E: معامل المرونة N/M.

2) الانفعال الهندسي العادي ε:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{l_i}{l_0} - 1$$

حيث:

l_0: طول العينة قبل الشد.

l_i : طول العينة اللحظي اثناء الشد.

3) الانفعال الحقيقي λ :

$$\lambda = \int_{l_0}^{l_i} \frac{dl}{l_0} = [ln\, l]_{l_0}^{l_i} = ln(l_i) - ln(l_0) = ln\left(\frac{l_i}{l_0}\right)$$

4) حسب مبدا ثبات الحجم في العينة:

$$V_0 = V_i \rightarrow A_0 . l_0 = A_i . l_i \rightarrow \frac{l_i}{l_0} = \frac{A_0}{A_i}$$

حيث:

V_0: حجم العينة قبل الشد.

V_i: حجم العينة بعد الشد.

A_0: مساحة مقطع العينة قبل الشد.

A_i: مساحة مقطع العينة بعد الشد.

من 4 , 2 نجد:

$$\varepsilon = \frac{A_0}{A_i} - 1$$

من 4 ,3 نجد:

$$\lambda = ln(\frac{A_0}{A_i})$$

5) التقلص العادي:

$$\pitchfork = -\frac{A_i - A_0}{A_0} = \frac{A_0 - A_i}{A_0} = 1 - \frac{A_i}{A_0}$$

6) التقلص الحقيقي:

$$\pitchfork' = -\int_{A_0}^{A_i} \frac{dA}{A_i} = -[ln(A)]_{A_0}^{A_i} = -[lnA_i - lnA_0] = ln(\frac{A_0}{A_i})$$

تلخيص ما سبق:

- الانفعال الهندسي طولي: $\varepsilon = \frac{l_i}{l_0} - 1 = \frac{A_0}{A_i} - 1 \Rightarrow \frac{A_0}{A_i} = \varepsilon + 1$
- الانفعال الحقيقي: $\lambda = ln\left(\frac{l_i}{l_0}\right) = ln\left(\frac{A_0}{A_i}\right) = ln(\varepsilon + 1) = \pitchfork'$
- التقلص هندسي أو انفعال عرضي بالمقطع: $\pitchfork = 1 - \frac{A_i}{A_0}$

- التقلص حقيقي: $⫛' = ln\left(\frac{A_0}{A_i}\right) = ln(\varepsilon + 1) = \lambda$

معامل بواسون: $\mu = \frac{⫛}{\varepsilon}$

ملاحظة: معامل بواسون أصغر من (1).

➢ الإجهاد العادي أو الهندسي:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{F}{\frac{\pi d_0^2}{4}} = \frac{F}{a * b}$$

➢ الإجهاد الحقيقي:

$$\sigma_i = \frac{F_i}{A_i} = \frac{F}{\frac{\pi d_0^2}{4}}$$

الرجوعية:

هي محاولة المادة العودة الى وضعها الطبيعي:

$$R = \frac{1}{2} F.\Delta l$$

معامل الرجوعية:

$$R_m = \frac{1}{2}\frac{F\Delta l}{v_0} \Rightarrow R_m = \frac{1}{2}\sigma.\varepsilon$$

حيث: $V_0 = A_0 * L_0$

➢ الاستطالة النسبية:

$$\delta = \frac{\Delta l}{l_0} * 100\%$$

➢ التقلص النسبي:

$$⫛ = \frac{A_0 - A_i}{A_0} * 100\% = \frac{\Delta A}{A_0} * 100\%$$

➢ حد المتانة:

$$\sigma_{uts} = \sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A_0}$$

➢ معامل المتانة:

$$\tau = \frac{\frac{1}{2}(F_y + F_{max})}{A_0}$$

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_0} \qquad \sigma_{uts} = \frac{F_{max}}{A_0}$$

مسألة

1) ما هو مقدار الاستطالة النسبية $\delta\%$ إذا كان الطول الحسابي للعينة قبل الاختبار $50\ mm$ و بعد الاختبار. $60\ mm$

2) ما هو مقدار التقلص النسبي في المقطع عند القيم النهائية.

الحل:

$$1.\ \delta\% = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100 = \frac{60-50}{50} \times 100 = 20$$

$$2.\ \Psi\% = \left(1 - \frac{A_i}{A_0}\right) \times 100 \ldots\ldots (1)$$

من مبدأ ثبات الحجم: حجم العينة قبل الشد $V_0 = V_i$ حجم العينة بعد الشد

$$A_0 L_0 = A_i L_i \rightarrow \frac{A_i}{A_0} = \frac{L_0}{L_i}$$

بالتعويض في (1)..... نجد:

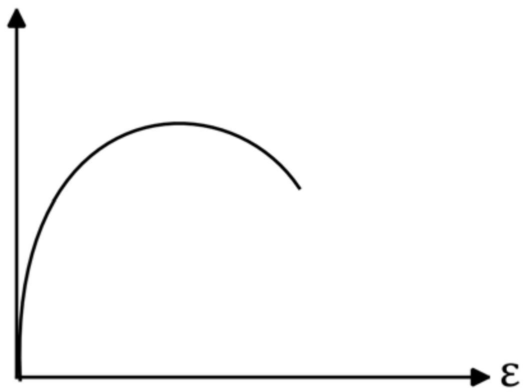
$$\Psi\% = \left(1 - \frac{L_i}{L_0}\right) \times 100$$

$$\Rightarrow \Psi\% = \left(1 - \frac{50}{60}\right) \times 100 = \frac{100}{6} = 16.7$$

مسألة امتحانية

اعطي المخطط $(\sigma.\varepsilon)$ على الشكل التالي.

والمطلوب:



1) تحديد طبيعة هذا المخطط ولأي المعادن والخلائط المعدنية يتبع و أعطي مثال عن معدن يأخذ هذا الشكل.

2) تحديد حد الضمان للمادة.

3) تحديد حد المتانة.

4) تحديد مجال المرونة و مجال اللدونة.

5) تحديد الانفعال قبل لحظة الكسر و بعد لحظة الكسر.

6) دراسة قيمة الاجهاد والانفعال عند النقطة X في حال تطبيق قوة شد الى هذه المنطقة ومن ثم رفع القوة.

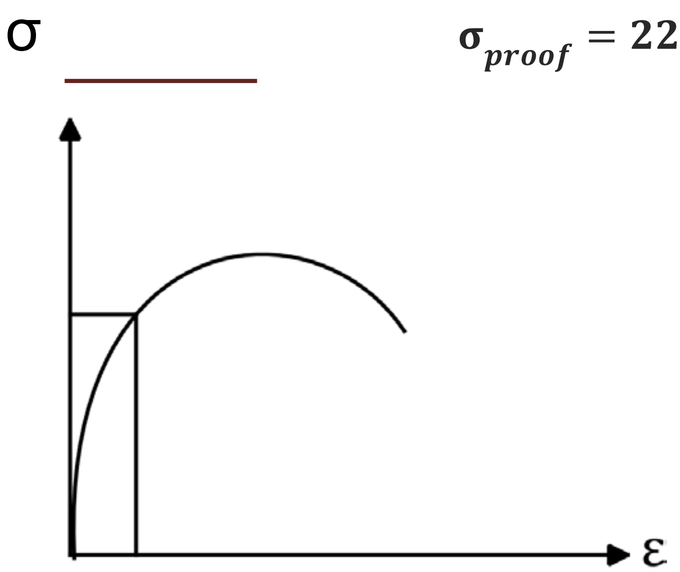
الحل:

1) يتبع هذا المخطط للمعادن نصف مطيلية

و من المعادن التي تأخذ هذا الشكل (الألمنيوم الخلائطي , النحاس الأصفر , الفولاذمتوسط نسبة الكربون)

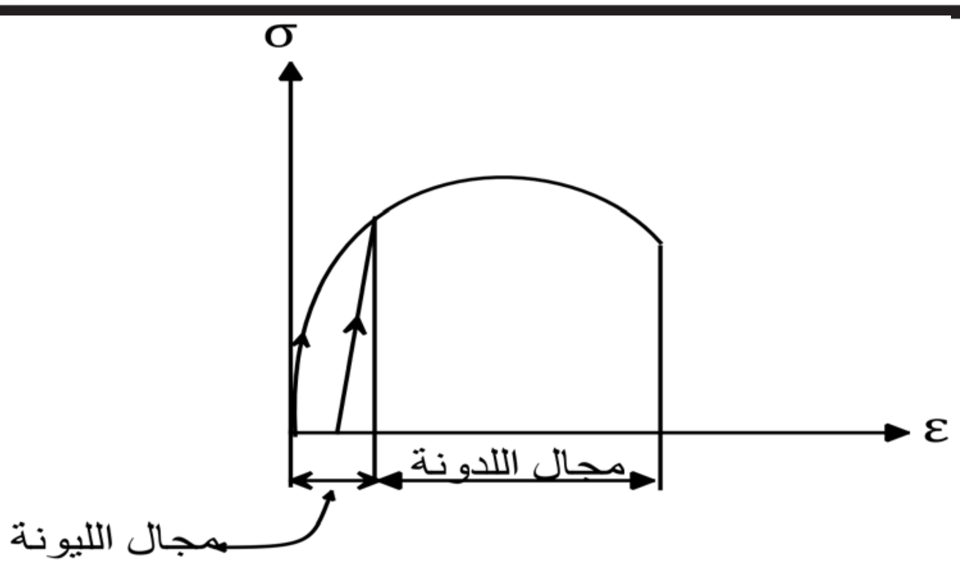
> تعريف اجهاد الضمان: هو الاجهاد الواقع بين قيمتي الانفعال $\varepsilon = (0.1 \rightarrow 0.5)\%$

2) اجهاد الضمان σ_{proof} وحسب الشكل: $\sigma_{proof} = 225$

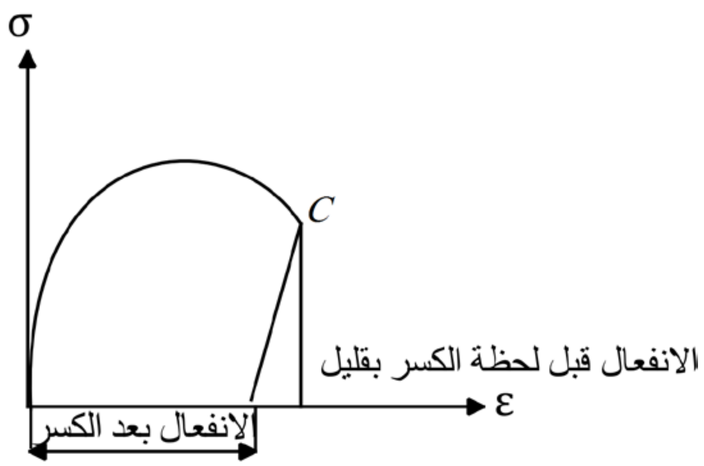


3) $\sigma_B = 550$

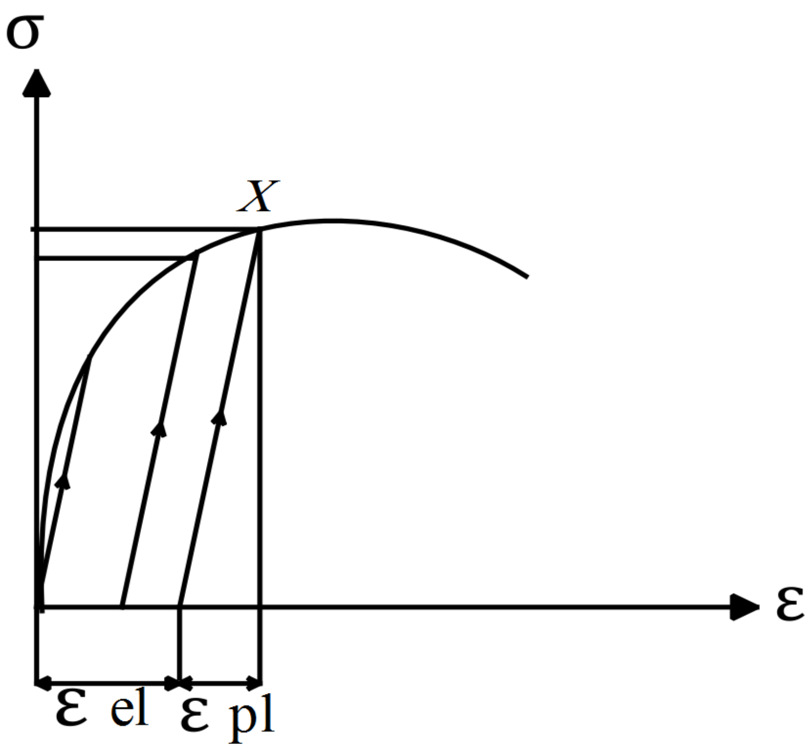
4)



5)



6)



- في حال التحميل:

الاجهاد: $\sigma = 420$

الانفعال: $\varepsilon_x = \varepsilon_{pl} + \varepsilon_{el}$

- في حالة رفع الحمولة:

الاجهاد: $\varepsilon = \frac{F}{A_0} = \frac{0}{A_0} = 0$

الانفعال:

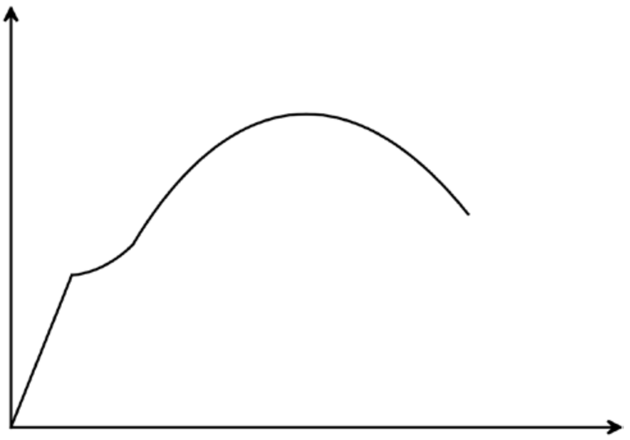
$$\varepsilon_x = \varepsilon_{pl}$$

مسألة امتحانية

اعطي المخطط $(\sigma.\varepsilon)$على الشكل التالي

والمطلوب:

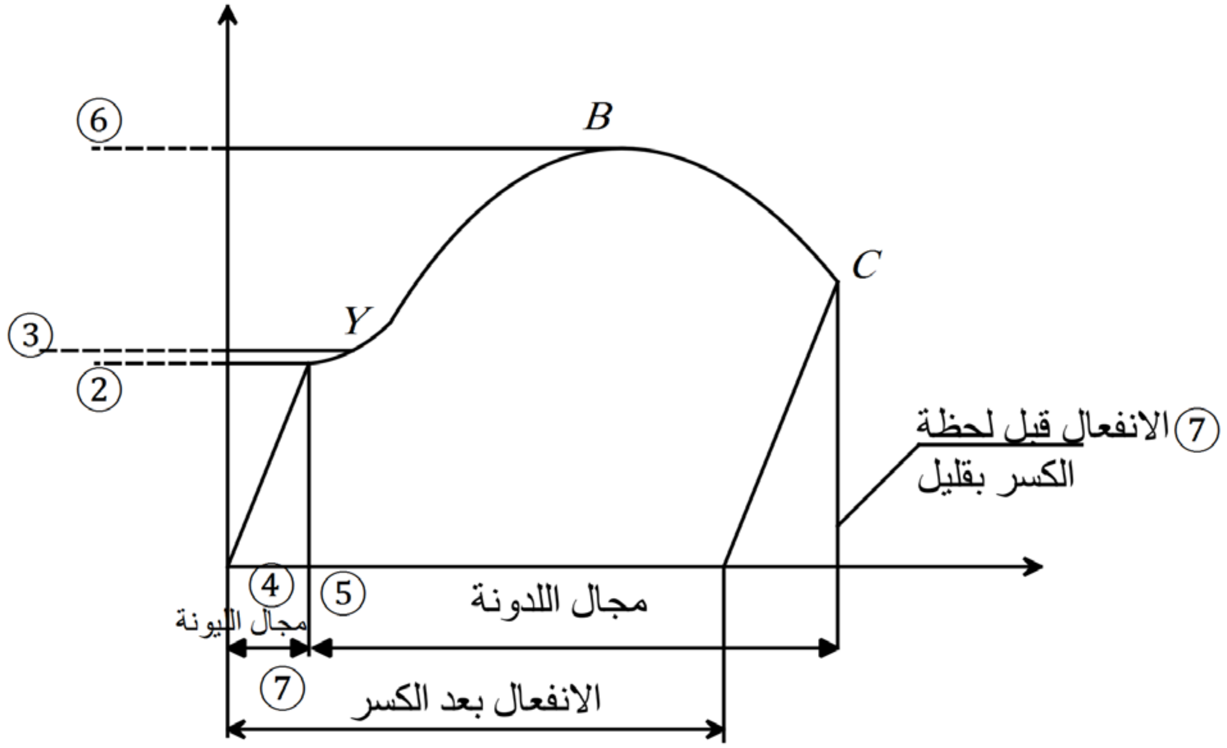
1) تحديد طبيعة المخطط و لأي نوع من المعادن والخلائط المعدنية يتبع مع إعطاء مثال عليه.
2) تحديد قيمة حد الانسياب.
3) تحديد حد المرونة.
4) تحديد مجال المرونة.
5) تحديد مجال اللدونة.
6) تحديد حد المتانة.
7) تحديد الانفعال قبل و بعد الكسر.
8) تحديد أقصى حمل تتحمله المادة علما بأن قطر العينة $(10\ mm)$.



الحل:

بما أن هذه المسألة نفس المسألة السابقة مع تغيير في الطلبات فإننا سوف نكتفي برسم مخطط واحد وعليه الإجابة على كل المتطلبات

1- هذا المخطط عبارة عن مخطط الشد لعينات ذات معدنية مطيلية مثل النحاس الأحمر و الذهب والفضة

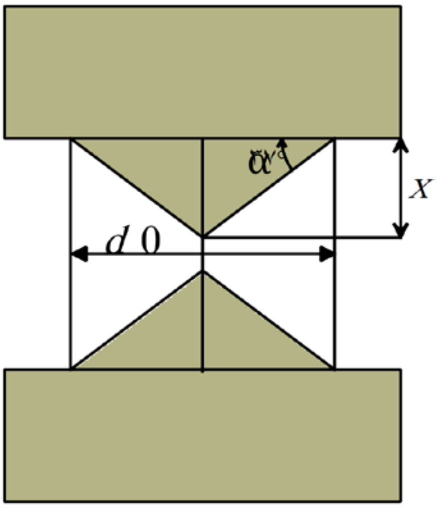


8- لحساب اقصى حمل تتحمله المادة:

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A_0}$$

$$F_{max} = A_0\sigma_{max} = 550 \times \left(\frac{\pi 10^2}{4}\right) = 43197$$

اختبار الضغط



لا يستخدم هذا الاختبار عادة للحصول على العلاقات التصميمية (حد المرونة لمادة, حد المتانة, حد الخضوع ,.......).

لكنه يستخدم في المواد الهشة للحكم على قابلية هذه المادة للكسر ومدى مقاومتها لتأثير الضغط الحاصل عليها.

إن عينة اختبار الضغط شكلها اسطواني و هي أكبر من عينة الشد من حيث القطر أما طولها فهو h_0 و يجب ان يكون ضمن المجال:

$$d_0 < h_0 < 3d_0$$

الغاية من هذا الشرط

- عندما تكون $h_0 > 3d_0$ فأن ذلك يمكن ان يتسبب في انحناء او اعوجاج للعينة نتيجة تأثير القوة الضاغطة.
- أما عندما $d_0 > h_0$ لأنه عند تطبيق قوة ضاغطة للعينة يحصل انزياح في الذرات و يكون الانزياح أعظمياً عند السطح و مساويا للصفر عند محور العينة مما يؤدي لتشكل مخروط كامل عند رأس العينة العلوي و السفلي.
- تداخل رأسي الخروطين يؤدي الى الحصول على نتائج مغلوطة.

أهم العلاقات المستنتجة في اختبار الضغط

➢ **الانفعال الهندسي:**

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h} = \frac{h_0 - h_i}{h_0} = 1 - \frac{h_i}{h_0}$$

وحسب مبدأ ثبات الحجم: حجم العينة قبل الضغط $V_0 = V_i$ حجم العينة بعد الضغط

$$\Longrightarrow A_0 h_0 = A_i h_i \rightarrow \frac{A_0}{A_i} = \frac{h_i}{h_0} \rightarrow$$

$$\Longrightarrow \varepsilon = 1 - \frac{h_i}{h_0} = 1 - \frac{A_0}{A_i}$$

➢ **الانفعال الحقيقي:**

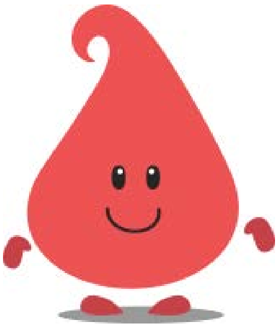
$$\lambda = ln\left(\frac{h_i}{h_0}\right) = ln(\frac{A_0}{A_i})$$

➢ **الاجهاد الهندسي:**

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

➢ **الاجهاد الحقيقي:**

$$\sigma_i = \frac{F}{A_i} = \frac{\sigma A_0}{A_i} = \sigma(1 - \varepsilon)$$



اختبار القص

يجري اختبار القص على العينات من قطع الآلات المعرضة لإجهادات في ظروف مشابهة مثل: المسامير 'الأوتاد' الخوابير

تحسب مقاومة القص من العلاقة:

$$t = \frac{Fmax}{2A0}$$

حيث: $\mathbf{t}$ مقاومة القص $\mathbf{N\backslash(m^2)}$

$\mathbf{A_0}$ مساحة المقطع العرضي للمسمار و هي تتبع لشكله

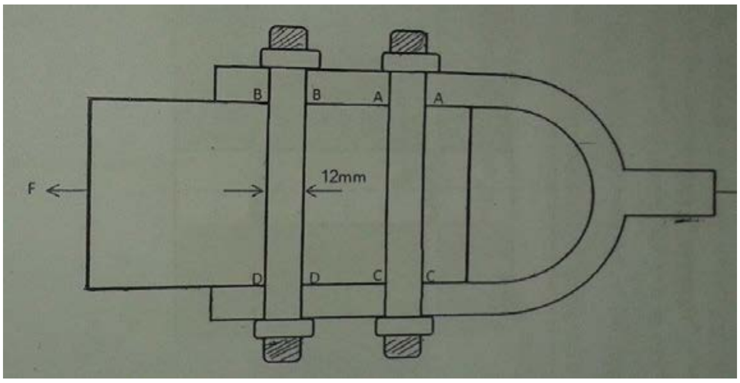
حيث الرقم 2 يدل على عدد المساحات المعرضة للقص

مثال 2: إذا كانت الألة تحوي مسمارين ((بدلا من مسمار واحد))لأصبح القانون:

$$t = \frac{Fmax}{4Ao}$$

مسألة: لدينا الوصلة الميكانيكية التالية و لنفرض أن قوى التحميل هي $F = 90KN$ و هي ممثلة لقوى التحميل حتى القص فإذا كان قطر البرغي $(12\ mm)$

حدد القيمة المتوسطة لإجهاد القص الذي يحصل في المقاطع العرضية$(AA - BB - CC - DD)$



الحل:

$$t = \frac{Fmax}{4A0} = \frac{90}{\frac{4\pi(12^2)}{4}}$$

$$t = 0.1989KN\backslash(mm\char`^2)$$

مسألة: لدينا مسمار تبشيم واحد استعمل لوصل صفيحتين ((بعد وصل هذا المسمار يتم شد إحدى الصفيحتين إلى اليمين و الأخرى نحو اليسار مما يؤدي لقص المسمار))

فإذا كان قطره $D = 20mm$ و قيمة الحمل المطبق $p = 30KN$ ما قيمة إجهاد القص الوسطي الذي يخضع له مسمار التبشيم؟

الحل:

$$t = \frac{P}{A0} = \frac{30 * (10^3)}{\pi(20^2)\frac{1}{4}} = 95.5\frac{N}{(mm^2)}$$

اختبار الانحناء

يعد أحد الاختبارات الاستاتيكية المهمة وذلك للأسباب التالية:

1. الحصول على قيم تصميمية
2. عينة اختبار الانحناء لا تحتاج الى تحضير مسبق
3. يمكننا من إيجاد علاقة تربط ما بين التدلي والإجهاد المطبق

ملاحظة: غالبا طول عينة الانحناء $(600\ mm)$ ويكون مقطعها دائريا قطره $(300\ mm)$

الاجهاد الحاصل نتيجة الانفعال يعطى بالعلاقة

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{w}$$

حيث w عزم المقاومة القطبي و يعطى بالعلاقات:

- إذا كان المقطع دائريا: $w = \frac{\pi(d^3)}{32}$.
- إذا كان المقطع مستطيلا: $w = \frac{b(a^2)}{6}$.

M_{max} هي قيمة العزم الأعظمي المطبق نكتسبه من خلال أخذ قيمة العزوم عند المحور:

$$\sum M_{max} = \frac{F}{2} * \frac{l}{2} = \frac{F * l}{4}$$

$$\sigma_{max} = \frac{\frac{F*l}{4}}{\frac{\pi(d^3)}{32}} = \frac{8F*l}{\pi(d^3)}$$

ففي حال كات المقطع دائري لعينة الاختبار.

قيمة سهم التدلي((أو الانحناء)) تعطى بالعلاقة

$$F_{max} = \frac{1}{48} * \frac{F * (l^3)}{E * I}$$

حيث:

(I)عزم العطالة المحوري.

(F)القوة المطبقة.

(L)طول العينة بين مسندين.

(E) معامل المرونة للمادة.

عزم العطالة المحوري **I** يعطى بلعلاقة:

- للمقطع الدائري: $I = w * \frac{d}{2} = \frac{\pi(d^3)}{32} * \frac{d}{2} = \frac{\pi(d^4)}{64}$
- للمقطع المستطيل: $I = w * \frac{a}{2} = \frac{b(a^2)}{6} * \frac{a}{2} = \frac{b(a^3)}{6}$

$$\Rightarrow f_{max} = \frac{1}{48} * \frac{F(l^3)}{El} = \frac{1}{12} * \frac{\frac{f*l}{4}}{E*w*\frac{d}{2}}(l^2)$$

$$\Rightarrow f_{max} = \frac{1}{12} * \frac{2(l^2)*\sigma_{max}}{Ed} = \frac{1}{2} * \frac{\sigma_{max}*(l^2)}{Ed}$$

العلاقة التي تربط بين الاستطالة و سهم الانحناء في حالة الشد

$$\sigma_{max} = E * \varepsilon = E * \frac{\Delta L}{L}$$

$$\Delta L = \frac{\sigma_{max} * L}{E}$$

العلاقة التي تربط بين اختبار الانحناء و الشد:

$$\frac{F_{max}}{\Delta L} = \frac{\frac{1}{6} * \frac{\sigma_{max}*(L^2)}{Ed}}{\sigma_{max} * L * \frac{1}{E}} = \frac{L}{6d}$$

و بما أن طول عينة الانحناء $(600\ mm)$ و قطرها $(30\ mm)$ فبالتعويض في العلاقة السابقة تساوي: $F = 3.33333\Delta L$ أي إن الانفعال الحاصل من اختبار الانحناء يكافئ (3.3333) من الانفعال الحاصل من اختبار الشد.

أهم العلاقات المستنتجة من اختبار الانحناء:

✓ قيمة معامل المرونة (E) :

$$E = \frac{\sigma max*(l^2)}{6*Fmax*d} \qquad Fmax = \frac{(l^2)*\sigma max}{6*E*d}$$

قابلية المادة للانحناء:

$$\emptyset = \frac{Fmax}{L} \times 100$$

✓ معامل انحناء المادة (φ) :

$$c_b = \frac{\sigma_b}{\sigma_t}$$

حيث: σ_b: اجهاد الانحناء σ_t: اجهاد الشد

مسألة: قوة تحمل الثني ((الانحناء)) لمادة مقواة بالألياف الزجاجية $\sigma_{max} = 315\,\frac{MN}{(m^2)}$ و معامل الثني $E = 124\,\frac{GN}{(m^2)}$

العينة عبارة عن جائز عرضه $(12\ mm)$ و ارتفاعه $(9.5\ mm)$ و طوله $(200\ mm)$ تم سنده بين مسندين اسطوانيين البعد بينهما $(125\ mm)$.

المطلوب:

1. تحديد قيمة القوة المطلوبة لكسر المادة.
2. قيمة التدلي وذلك بفرض عدم حصول أي تشوهات لدنة حاصلة في المادة.

الحل:

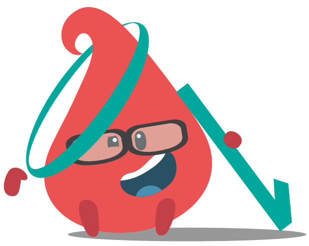
$$1)\ \ \sigma max = \frac{\frac{F*L}{4}}{\frac{b(a^2)}{6}} = \frac{3*F*L}{2*b*(a^2)}$$

$$F = \frac{2*b*(a^2)*\sigma max}{3*L} = \frac{2*12*(9.5^2)*315}{3*315} = 1815N$$

ملاحظة: $\sigma max = 315\,\frac{MN}{(m^2)} = 315*\frac{(10^6)}{(10^6)}\,\frac{N}{(mm^2)}$

$$2) Fmax = \frac{1}{48}*\frac{F*(L^3)}{E*I} = \frac{1}{48}*\frac{F*(I^3)}{E*\frac{b*(a^3)}{12}} = \frac{1}{48}*\frac{1815*(125^3)}{124*(10^3)*\frac{12*(9.5^3)}{12}} = 0.7mm$$

ملاحظة: $E = 124\,\frac{GN}{(m^2)} = 124\,\frac{(10^9)}{(10^6)}\times\frac{N}{(mm^2)}$



اختبار الفتل

عينة اختبار الفتل اسطوانية الشكل حيث يتم تثبيت احد طرفيها والتأثير على الطرف الآخر بعزم فتل قيمته $M = P * d$ مما يؤدي الى حدوث انفعال في هذه العينة يكون أعظمي عند السطح ويتناقص باتجاه المحور.

$$\gamma = \frac{R}{L}.\theta$$

حيث: γ : الانفعال الحاصل بالعينة نتيجة الفتل.

L: طول عينة الاختبار.

R: نصف قطر العينة.

θ: زاوية الفتل.

-الانفعال يؤدي إلى اجهاد بالعينة قيمته في مجال المرونة:

$$\tau = G.\gamma$$

G: معامل المرونة حال الفتل وهو يساوي $0,38E$

τ: قيمة الاجهاد الحاصل بالعينة.

-الاجهاد بالعينة عند تجاوز مرحلة المرونة:

$$\tau_{max} = \frac{M_{max}.R}{J}$$

حيث: J: عزم العطالة القطبي ويساوي $J = \frac{\pi.d^2}{32}$ حالة مقطع دائري.

$J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32}$ حالة مقطع حلقي.

ملاحظة هامة: الانفعال عند محور العينة يساوي الصفر لأن زاوية الفتل تساوي الصفر.

مسألة:

جائز معدني تؤثر عليه بعزم فتل قدره (60) فإذا كان قطر الجائز $(30mm)$

المطلوب:

1) حساب قيمة الاجهاد الاعظمي المطبق على سطح الجائز.

2) إيجاد قيمة الانفعال الحاصل بالعينة نتيجة الفتل اذا كان طول العينة $(300mm)$ وكانت قيمة زاوية انفعال العينة (راديان $0,5 = 30^{\circ}$) على سطح العينة.

3) الانفعال عند محور العينة.

الحل:

1)

$$\tau_{max} = \frac{M_t . R}{J} = \frac{M_t . R}{\frac{\pi . d^4}{32}} = \frac{60 * 10^3 * 15}{\frac{\pi . (30)^4}{32}} = 20371,8 \ \frac{MN}{mm^2}$$

2)

$$\gamma = \frac{R}{L} . \theta = \frac{15}{300} . 0,5 = 0,025$$ راديان

3) الانفعال عند محور العينة يساوي الصفر لأن زاوية الفتل تساوي الصفر

اختبار القساوة

تعريف القساوة:

- عبارة عن المقاومة التي تبديها مادة ضد تغلغل مادة أخرى داخلها (مقاومة ضد الخدش ومقاومة ضد

تآكل الحتي).

- اختبار القساوة يمكن أن يكون ستاتيكي أو ديناميكي ويعتبر من الاختبارات اللاإتلافية لأن القطعة المختبرة يمكن أن تعاد الى عمل دون أن يؤدي ذلك لإتلافها.

- وتقاس القساوة بجميع أجهزة القياس بنفس المبدأ :وهي اعتبار حمل مؤثر على كرة أو مخروط أو هرم ودراسة مقدار الانغماس داخل القطعة المختبرة .

القساوة هي: الحمل المؤثر \مساحة سطح الانغماس

أهم طرق قياس القساوة الستاتيكية

1. طريقة برينل (HB)
2. طريقة فيكرز (HV)
3. طريقة روكويل (HR)

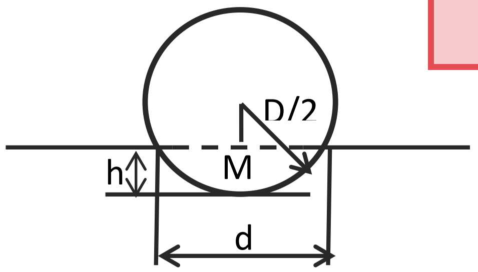
سنبدأ بدراسة طريقة برينل :

تعد طريقة برينل أهم الطرق لقياس القساوة الستاتيكة وتعتمد على مبدأ استخدام كرة فولاذية ذات أقطار (0.625,1.25,5.5,10) والحمل المطبق قيمته (1−3kgf) .

ويتم التأثير بالحمل على هذه الكرة على سطح قطع معدنية مراد اختبارها مما يؤدي الى حصول انغماس داخل هذه القطعة مقداره h ويكون هذا الانغماس على شكل قطاع مخروطي قطره d

تحسب قساوة برينل من العلاقة :

$$HB = \frac{F}{A}$$



عندما يكون القطاع كروي نستخدم هذا القانون $A = \pi D h$

حساب h: من المثلث OMF :

$$\frac{D^2}{2} = \frac{d^2}{2} + \left(\frac{D}{2} - h\right)^2 \rightarrow \frac{D}{2} - h = \sqrt{\frac{D^2}{2} - \frac{d^2}{2}} \rightarrow h = \frac{D}{2} - \sqrt{\frac{D^2}{2} - \frac{d^2}{2}}$$

$$h = \frac{D}{2}[1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{D}}]$$

$$HB = \frac{F}{\pi D h} = 2F/\pi D^2[1 - \sqrt{\frac{d^2}{D}}]$$

مميزات ومساوئ طريقة برينل:

1. لايمكن لهذه الطريقة قياس القساوة التي تزيد عن (400 HB) علل؟
   لأن الكرة نحصل فيها على تشوه عند قياس قساوات أعلى من هذه القيمة .
2. يجب أن يكون السطح المراد قياس قساوته مستوي ونظيف لا يحتوي على أكسدة أو أوساخ.
3. لا يمكن في طريقة برينل قياس الصفائح الرقيقة والسطوح المغلفنة .

ملاحظة: طريقة برينل تعد من الطرق التي تقيس القساوة الداخلية وليس السطحية علل؟

لأن يجب أن لا يقل سمك القطعة المراد اختبارها عن عشرة أضعاف قيمة التغلغل h

يجب أن يكون مقدار الانغماس $0.25 \le d \le 0.5$ علل؟

حتى نستطيع أن نقيس آثر الانغماس الحاصل في القطعة وحتى لا يحدث تشوه بالقطعة المراد اختبارها ويتم قياس آثر d باستخدام المجهر الضوئي أو الميكرومتر وفي المسائل يعطى جاهز كما هو .

وهناك علاقة تربط ما بين القساوة HB ما بين حد المتانة للمادة وهي علاقة ترتيبية :

$$\sigma_{uts} = 3.45\, HB$$

مسألة :

عندما أجري اختبار برينل للصلابة على عينة فولاذ استخدمت كرة من الفولاذ المقسى قطرها (10mm) وكان الحمل المستعمل (F=300kgf) وعند قياس قطر الآثر الناتج عن السطح وجد أنه يساوي (d=3.5mm) والمطلوب

1) إيجاد رقم برينل للصلابة لذلك الفولاذ؟

2) واحسب قيمة حد المتانة للمادة ؟

الحل:

$$HB = \frac{2F}{\pi D^2}[1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{D}}]$$

$$HB = \frac{2 * 300}{\pi * (10)^2[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{3.5}{10}\right)^2}]} = 302Kgf$$

$$\sigma_{uts} = 3.45HB = 3.45 * 302 = 1041.9Mpa$$

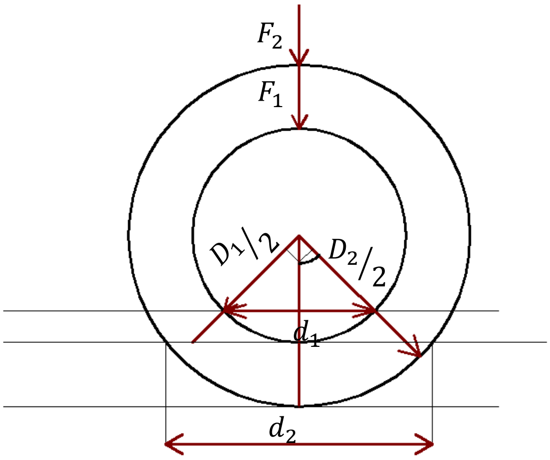
للحصول على قيمة قساوة باستخدام كرتين مختلفين :

أولا : يجب التحقق رابط ضمن إعدادات تصحيح الجهاز بحيث يتحقق الشرط: $HB_1 = HB_2$

$$\frac{sin\varphi}{2} = \frac{\frac{d_2}{2}}{\frac{D_2}{2}} = \frac{\frac{d_1}{2}}{\frac{D_1}{2}}$$

$$\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) = \frac{d_2}{2} = \frac{d_1}{2}$$

بالتعويض في قانون HB :



$$HB = \frac{2F}{\pi D^2[1-\sqrt{1-\frac{d^2}{D}}} = \frac{2F_1}{\pi D^2[1-\sqrt{1-\frac{d_1^2}{D_1}}}\frac{2F_2}{\pi D^2[1-\sqrt{1-\frac{d_2^2}{D_2}}}$$

$$\frac{F_1}{D_1^2} = \frac{F_2}{D_2^2} \rightarrow \frac{F}{D^2} = const = \beta$$

قيمة هذا الثابت تتعلق بنوع المعدن المراد اختباره.

طريقة فيكرز (HV) لقياس القساواة الستاتكية :

– استخدام في طريقة فيكرز هرم رباعي زاويته الرأسية (136) بدل الكرة الفولاذية في برنيل هذا آدى الى أمكانية قياس قساوات تصل الى (1000HV) وامكانية قياس الصفائح الرقيقة

–سبب استخدام مخروط زاويته الرأسية (136) للحصول **على انغماس** مسقطه بشكل مربع أو معين .

–تعطى قيمة قساواة فيكرز وفق القانون التجريبي :

$$HV = 1.8544\frac{F}{d_m^2}$$

حيث : $d_m = \frac{d_1+d_2}{2}$

ملاحظة : هناك علاقة تجريبة تربط بين حد المتانة للمادة و HV:

$$\sigma_{uts} = (0.28 \rightarrow 0.32)HV$$

تكون قيمة الحمل المؤثر بين $(5 \rightarrow 120)kg.f$ ومنه ناخذ الرموز $(HV5, HV10, HV50 \ldots.)$.

طريقة روكويل (HR) لقياس القساوة الستاتيكية :

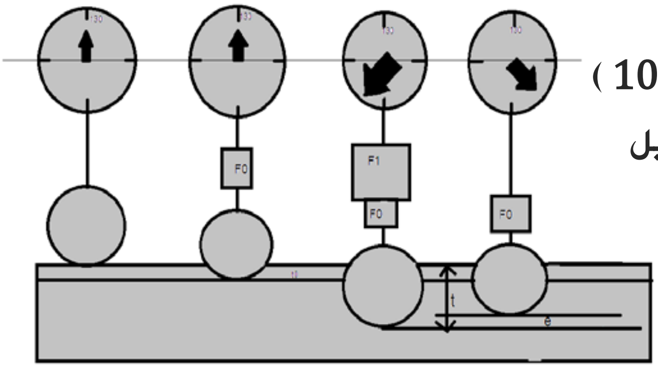
- مايعيب طريقة برينل وفيكرز لقياس القساوة هو الحاجة الى العودة الى الجداول و الكتيبات المرافقة بالآلة لمعرفة قمية $\frac{d}{D}$.
- كما ان كلتا الطريقتين تحتاج لقياس قيمة n الانغماس الحاصل بالمعدن بغستخدام عدسات ضوئية ومكرومترية.
- ان طريقة روكويل تعطي قيمة القساوة مباشرة والتي تتناسب قيمتها مع عكس الانغماس الحاصل بالمعدن.

وتاخذ تفرعات التالية:

A-الطريقة الاولى (HRb) :

نستخدمها لقياس قساوات المعادن ذات حجم بلورات الكبيرة بنسبة المسبوكات و مواد الانشاءات

تسخدم كرة فولازية قطرها $\frac{1}{16}$ من الانش قيمة التحميل المستخدم في هذة الطريقة هي عبارة



عن (100kg.f) قيم التحميل بشكل اولي بمقدار (10kg.f) وذلك لضمان ثبات الكرة عن قطعة مختبرة ثم يتم التحميل بحمل متمم قيمته (90kg.f) فترة التحميل تتراوح بين $(10 \rightarrow 15)s$ للسبائك الفولاذية وحتى $(30)s$ للمعادن اللاحديدية فتنغمس العينة مقدار **t** و بعدها يزال الحمل فتحاول المادة الرجوع لوضعها الطبيعي لكنها ترجع فقط $e(\text{mm})$ بسبب وجود تشوه لدن بالمادة و تتم قراءة المؤشر الأحمر الذي يعطي قيمة القساوة لهذه القطعة و يوضح بالشكل الآتي $HRb = 130 - \frac{e(mm)}{0.002(mm)}$.

B-الطريقة الثانية (HRc):

نستخدم لقياس قساوات معادن اعلى من HRb نستخدمها بدلا من الكرة مخروط زاويته الرأسية (120°)الحمولة المطبقة $(\mathbf{150kg.f})$

$$\text{HRc} = 100 - \frac{\text{e}}{0.002}$$

C-الطريقة الثالثة (HRa):

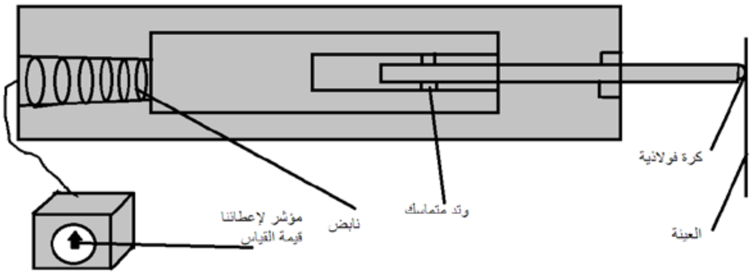
تسخدم لقياس قساوات الخلائط المعدنية عالية القساوة نستخدم راس مخروطي زاويتة (120°) وهي تتبع نفس اسلوب HRc في قياس القساوة باستبدال قيمه الحمل المتمم ب (50kg.f) بدلا (140kg.f).

قياس القساوة الديناميكية :

يستخدم في هذه الحالة حمولة فجائية تؤدي الى الصدم على مسببة انغماس هذة الكرة ضمن المعدن (بنفس مبدا برينل) ولكن هذه الطريقة تعطي قيمة قساوة مباشرة من خلال مؤشر موجود على الجهاز

<u>اهم الطرق لقياس القساوة الديناميكية:</u>

- طريقة غريفن : تعتمد هذه الطريقة على اصطدام العينة بكرة صغيرة اكتسبت سرعتها عن طريق النابض الموجود في الجهاز أدناه و التي تؤدي بدورها إلى حدوث انغماس بالمعدن و تقرأ من المؤشر.



حيث تكون قيمة درجة القساوة تساوي مقلوب الانغماس.

طريقة بولدي : تعتمد نفس مبدأ طريقة غريفن لكن صدم الكرة يحصل على عينتين عينة قياسية و عينة الاختبار و يتم المقارنة بينهما بواسطة الجهاز حيث تكون بيانات العينة القياسية مخزنة بداخله فيعطينا المؤشر قيمة القساوة.

اختبار الصدم

يعتمد مبدأاختبار الصدم على استعمال آلة تشبه النواس له ذراع بنهايته مطرقة وزنها **(15_30Kg)**.

يستخدم اختبار الصدم :

1) للمقارنة بين معدنين يتعرضان لنفس ظروف العمل.

2) لدراسة مدى حساسية المادة للصدم.

3) دراسة إمكانية استخدام بعض قطع او اجزاء الآلات عند ظروف عمل ديناميكية ما.

وهناك طرق متبعة في اختبار الصدم تتبع لشكل عينة اختبار الصدم:

1) طريقة تشاربي:

تستخدم عينة ابعادها (10*10*55) في المنتصف ثلم شكله شكل حرف **U**

عمقه: **2,5mm**

زاويته الرأسية: **R=0,25mm**

2) طريقة أيزود:

عينة ابعادها(**75*10*10**) في المنتصف ثلم شكله شكل حرف **V**.

عمقه: **2mm**

استدارة رأسه: **1mm**

3) الطريقة الحديثة:

تستخدم عينة ابعادها(**55*10*10**) فيها ثلم شكله شكل حرف **V**.

عمقه: **1mm**

استدارة رأسه: **0,25mm**

تعطى متانة الصدم بلعلاقة $a = \frac{W}{A}$

$$W = Gl(cos\beta - cos\alpha)$$

حيث**G**: وزن المطرقة.

L:طول الذراع.

β:الزاوية التي يتم رفع الذراع قبل الصدم .

α:الزاوية بعد الصدم.

A:مساحة مقطع العينة في منطقة وجود الثلم(أي بعد طرح عمق الثلم).

اختبار التعب أو الكل:

– الكسر التعبي: هو كسر المادة تحت تأثير إجهادات ترددية متكررة.

– مقاومة التعب:مقاومة المادة لهذه الاجهادات الترددية.

س: عرف حد التعب ((حد الصمود)) للمادة.

ج: هو أكبر إجهاد تتحمله المادة تحت تأثير أحمال متكررة.

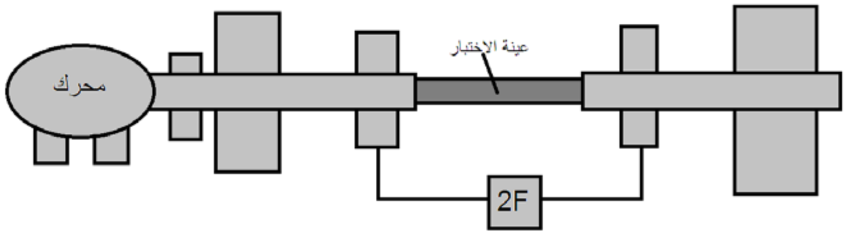
_عادة يجري اختبار التعب على عينات فولاذية بتعرضها للحمولات الكروية بمقدار 5مليون دورة بينما العينات اللا فولاذية يتم تعريضها لاحمال ترددية قيمتها 20مليون دورة.

طرق اختبار التعب.

طريقة الشد أو الضغط : حيث يتم تحميل العينة بقوى شد في الاتجاه الطولي ((عادة يجري ذلك في آلات تشبه آلات اختبار الشد)) و من ثم رفع هذه الحمولة بعد فترة من الزمن تقدر بالأشهر.

طريقة الانحناء الدوراني :

الغاية من حد التعب هي من جهة معرفة حد الصمود للمادة المختبرة و من جهة معرفة عمر القطعة المصنوعة من هذه المادة فيما لو حملت بإجهاد ما.



يتم العثور على حد الصمود من خلال دراسة منحني مولر و الذي يتم إنشاؤه بأخذ عدة عينات بالشكل الآتي:

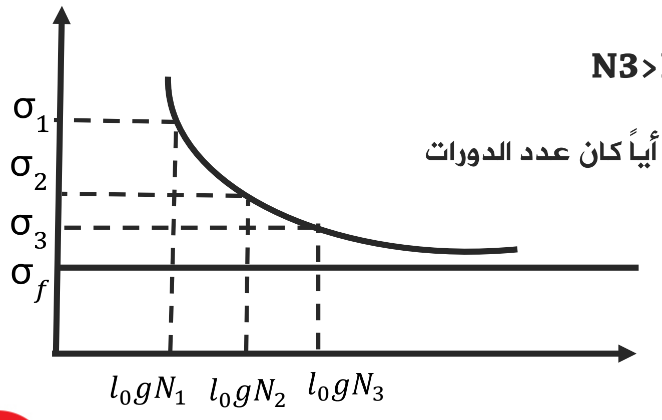
A. يتم تحميل العينة الإجهاد σ_1 فتنكسر بعدد دورات قدره N_1

يتم تحميل العينة الإجهاد $\sigma_2 < \sigma_1$ فتنكسربعدددوراتقدره N2>N1

يتم تحميل العينة الإجهاد $\sigma_3 < \sigma_2$ فتنكسربعدددوراتقدره N3>N2

و هكذا حتى نحمل العينة الإجهاد σ_F الذي لا تنكسر عنده العينة أياً كان عدد الدورات

و بذلك نحصل على المخطط الآتي :



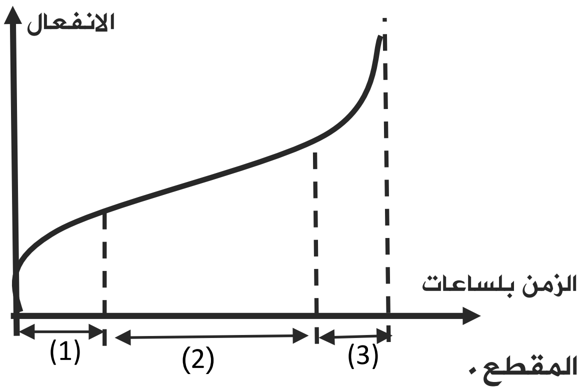
اختبار الزحف

س: عرف اختبار الزحف:

ج: هو الاستطالة الحاصلة بالمادة نتيجة تعرضها لأحمال ثابتة خلال فترات زمنية طويلة ويتأثر بعاملين أساسيين هما درجة الحرارة والزمن.

يزداد الزحف بازدياد درجة الحرارة ويختلف من معدن لآخر فعلى سبيل المثال إن الحديد لا يتأثر بالزحف في درجات حرارة دون 425° بينما الرصاص والزجاج يتأثران بالزحف في درجات الحرارة العادية وهذا ما نلاحظه في بلّور نوافذ البيوت حيث مع العمر الزمني نلاحظ أن سماكة الزجاج في الأسفل أقل مما هي عليه في الأعلى إذ تأثر الزجاج باختبار الزحف.

إن هذا الاختبار هام جداً للمعادن التي تتعرض لدرجات حرارة عالية مثل زعانف التوربينات في الطائرات والمفاعلات النووية ومركبات الفضاء حيث أن تجاهل هذا الاختبار يؤدي إلى نتائج كارثية مستقبلاً.



يتم دراسة اختبار الزحف فنحصل على المخطط الآتي:

في المنطقة (1) يحدث فيها زحف سريع ثم يبدأ بالتناقص مع الزمن

حيث قيمة الانفعال تعطى بالعلاقة : $\varepsilon = \alpha \log t$

حيث α: معامل يتعلق بنوع المادة وt: درجة الحرارة .

في المنطقة (2) يحدث فيها زحف منتظم نسبيا بعلاقته مع الزمن حيث:

$$\varepsilon = K \times t$$

المنطقة (3) تبدأ عند ظهور تشققات بالمادة التي تزداد مع تناقص بمساحة المقطع .

ملاحظات :

- يجب إجراء التجربة لفترة زمنية طويلة و عدم الاعتماد على التجارب التي أجريت لفترات زمنية قصيرة لأن ذلك لا يعبر عن طبيعة المادة.
- يزداد معدل الزحف بازدياد درجة الحرارة كما يزداد بازدياد الحمل المطبق على المادة.
- يتم اختبار الزحف تحت تأثير إجهاد شد يوضع في محور العينة الموضوعة في الفرن كالشكل الموضح أعلاه و تكون درجة حساسية جهاز قراءة الاستطالة : 1×10^{-8} strain/h نظراً لأن الانفعال في هذه الحالة صغير جدا.

ميزات الاختبارات اللاإتلافية :

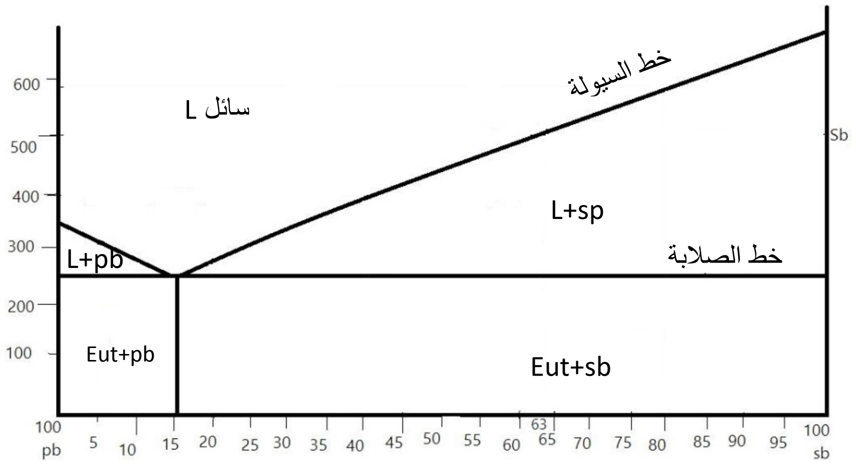
- عدم الهدر في المنتج وإتلافه.
- الكشف عن العيوب من البداية مما يساعد على توفير الوقت و الجهد و حماية الانسان من الكوارث.
- معظم هذه الاختبارات سهلة لا تحتاج لأجهزة معقدة.
- يمكن إجراء الاختبار في موقع العمل.
- تعطي النتائج مباشرة.
- التأكد من صلاحية المنتج ليس من الشكل الخارجي فقط وإنما من الشكل الداخلي أيضا.
- يمكن من خلال هذه الاختبارات التأكد من مطابقة العينة للمواصفات القياسية.

مخطط الاتزان الحراري

تمثل جمع منحنيات تبريد للمصهور المكون من مادتين (معدنين) لكل نسبة حيث يتغير منحني التبريد عند تغير نسبتي العنصرين فمثلا عندما نرسم مخطط التبريد لمصهور معدن نقي (منحني درجة حرارة و زمن)حيث رفعنا درجة حرارة المعدن النقي الى درجة اكبر من درجة انصهاره ثم تركناه يبرد بمرور الزمن ودرسنا المنحني نلاحظ وجود عتبة افقية تمثل ثبات لدرجة الحرارة مع مرور الزمن و هي العتبة الموافقة لتحول المادة من سائل الى صلب حيث يقاوم الجسم انخفاض (نشر) الحرارة ليتحول بهذه الطاقة الى صلب (ليشكل الروابط ويتحول الى صلب)اما عند دخول المادة الأخرى في الخليطة يتغير منحني تبريدها وتختفي العتبة الافقية ولا تعود للظهور الا عند وجود تحولات (يوتكتيكية – بريتكتيكية –مونوتكتيكية...)تتغير فيها شكل البلورات في المادة

جمع كل هذه المنحنيات التبريد ينتج لدينا مخطط الاتزان الحراري بالمحورين ؛ (نسبة التركيز لكلا العنصرين) و (درجة الحرارة) حيث أن محور الزمن لا يهمنا.

<u>المثال العام لمنحني التبريد (الحاوي على نقطة يوتكتيكية):</u>



في الأعلى خارج المخطط تكون الخليطة سائلة كليا و المعدنين ينحلان مع بعضهما بشكل كامل بالحالة السائلة كما هو الوضع لكل المنحنيات التي سندرسها اما عند النزول بدرجة الحرارة اكثر يبدا التباين في البنية حسب نسبة التركيز الموجودة عندها.

نميز في هذا المخطط أو أي مخطط اتزان حراري اخر خطين رئيسين :

1–خط اذابة أو سيولة : فوق هذا الخط تكون الخليطة بشكلها السائل تماما

2–خط الصلابة أو التجمد : تحت هذا الخط تكون الخليطة بشكلها الصلب تماما

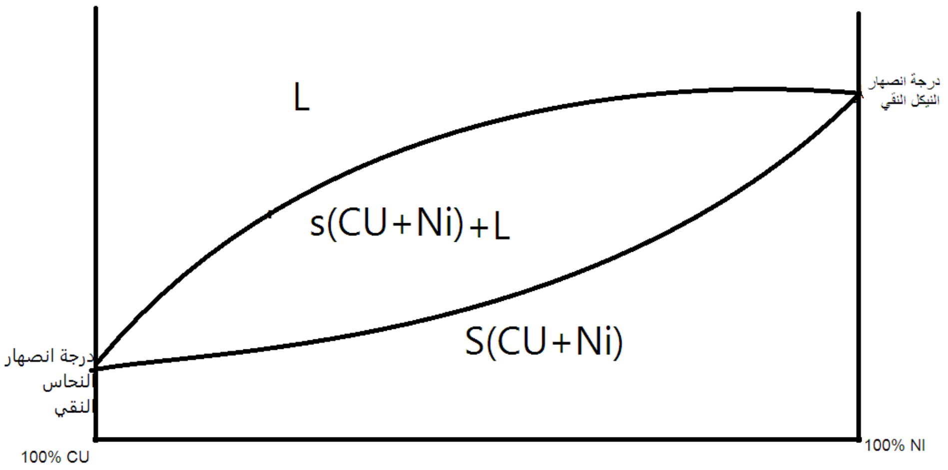
وبين الخطين يجتمع الطورين السائل والصلب في العينة.

بالنسبة للمحور الافقي (التركيز):عند الخط الشاقولي **pb** تكون الخليطة مكونة من **100% pb**(رصاص نقي)وكلما ابتعدت عن هذا الخط ينقص تركيز الرصاص ويزداد عوضه تركيز **sb** حتى نصل الى خط **sb**الشاقولي الذي تكون عنده الخليطة **100% sb** وكما هو الحال في أي منحني أو مخطط من البديهي أن عكس جهة المحور أي عكس أسماء الخطوط الشاقولية يعكس رسم المخطط افقيا.

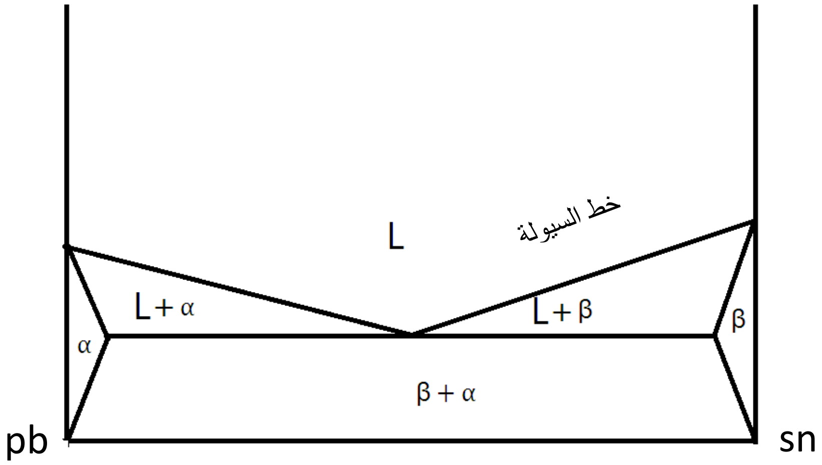
تختلف المخططات عن بعضها باختلاف مواد الخليطة وبشكل ادق تختلف باختلاف نوع التفاعل بين العنصرين (أي نوع الانحلال مع بعضهما).

سنميز المخططات التالية : (كل المخططات التي سندرسها لعناصر تنحل فيما بينها بشكل كامل بالحالة السائلة كما اشرنا سابقا لذلك سنميز بينهما باختلاف حالتها بالحالة الصلبة)

1) انحلال كامل بالحلة الصلبة : مثال(**Cu-Ni**)



2) انحلال بشكل جزئي ودرجتا انصهار متقاربتان : مثال(رصاص+قصدير)



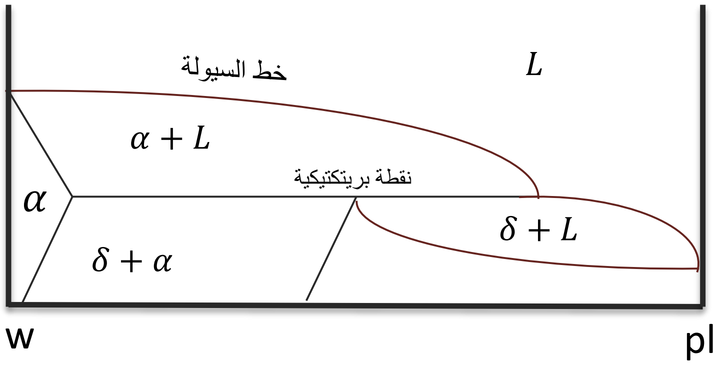
β : اكبر انحلال للرصاص بالقصدير.

α :انحلال للقصدير بالرصاص.

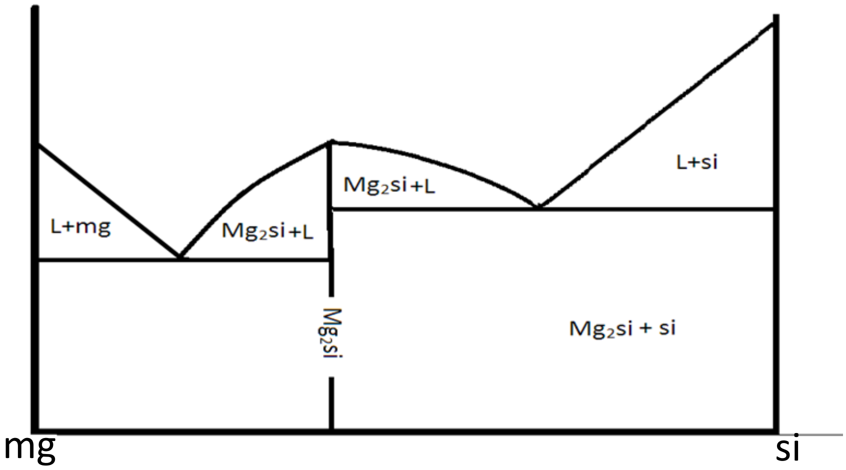
الخط الافقي يمثل تحول يوتكتيكي .

3) انحلال بشكل جزئي و درجتا انصهار متباعدتان مثال (بلاتين+تنغستين)

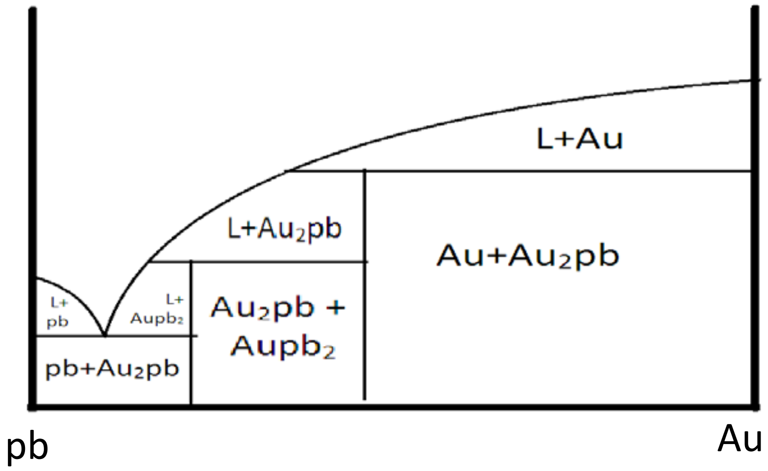
الخط الافقي تحول بريتكتيكي:وهو تحول من سائل وصلب الى صلب جديد.



4) غيرقابلة للانحلال فيما بينهما ولكن يشكلان مركب كيميائي عند درجة حرارة ثابتة مثال (مغنيزيوم **mg**– سيليكون **si**) .



5) غير قابلين للانحلال فيما بينهما لكن يشكلان مركب كيميائي في مجال حراري: مثل(**Au-pb**).



6) غير قابلين للانحلال بالحالة الصلبة و يعتمد على وجود نقطة يوتكتيكية كالمخطط الذي درسناه بالحالة العامة بالبداية .

النقطة اليوتكتيكية : هي اخفض نقطة تكون عندها الخليطة بالشكل السائل ويكون فيها ثلاث اطوار : سائل صلب من المعدن الأول –صلب من الاخر.

لحل مسألة مخطط اتزان حراري شاملة يلزمنا :

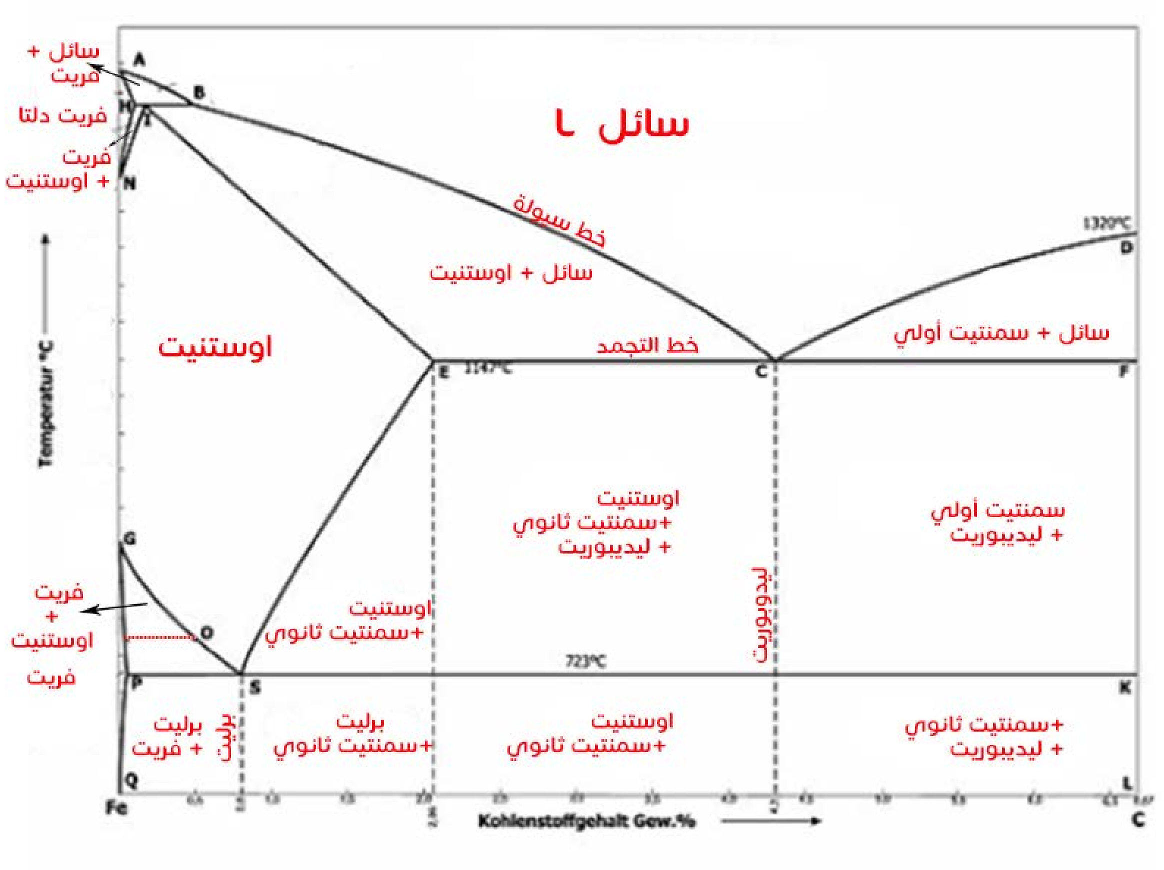
1) حفظ المخططات مع أسماء الخطوط و عناصر البنية (2–3طلبات).
2) فهم المخطط + معرفة التحولات الموجودة فيه و حفظ تعاريفها و الأطوار الموجودة عندها.
3) فهم قانون العتلة (يكون السؤال عن تراكيز عناصر البنية عند نسبة معينة) سيشرح لاحقا.
4) فهم منحنيات التبريد.

منحني التبريد : سبق لنا ذكر أن مخطط الاتزان الحراري يمثل مجموع منحنيات تبريد عند نسب مختلفة من المادتين لذلك عندما يطلب منحني تبريد يحدد نسبة بخط شاقولي تثبت فيه النسبة و تتغير درجة الحرارة ولرسم ذلك المنحني نـأخذ نقاط التقاطع بين الخط الشاقولي و منحني الاتزان الحراري حيث أن كل نقطة تمثل تحول في الطور وبالتالي اختلاف في سرعة تبريد الخليطة (زيادة أو نقصان) أي اختلاف في ميلان الخط المستقيم الموافق لدرجة الحرارة و زمن. عند تقاطع الخط مع خط تحول (مثلا : يوتكتيكي...) أو مع نقطة انصهار معدن نقي تمثل هذه النقطة عتبة افقية في منحني التبريد .

مخطط الحديد و الكربون
بالنظام شبه المستقر.

مخطط الحديد والكربون كباقي المخططات بين مادتي الحديد و الكربون يختلف عن باقي المخططات بأنه يدرس النسب ابتداءً من الحديد النقي 100٪ انتهاء بنسبة حديد 93.33٪.

وكربون 6.67٪ أي المجال الذي يبقى فيه اسم الخليطة حديد سواءً فولاذ أو صب.



يتميز هذا المخطط بوجود ثلاث تحولات (ثلاث نقاط تحول و ثلاث خطوط) و هي يوتكتيكية **c** و يوتكتويدية **s** و بريتكتيكية **I**.

أهم النقاط و الخطوط التي يجب حفظها:

النقطة	نسبة الكربون c%	درجة الحرارة
I	4,3%	1493
C	0,8%	1147
S	0,8%	723
P	0,75%	723
Q	0,008%	حرارة الغرفة
K	6,67%	723
E	2,06%	1147
ABCD	خط السيولة	
AHIECF	خط الصلابة	
HIB	خط التحول البريتكتيكي	1493
ECF	خط التحول اليوتكتيكي	1147
PSK	خط التحول اليوتكتويدي	723

يوجد خمس مناطق فيها انحلال كامل (أي عنصر وحيد) وهي مناطق: α, γ, δ
وهي على الترتيب الفريت , الأوستنيت , الفريت ، إضافةً إلى L و, على الطرف بعد 6.67 لدينا السمنتيت Fe_3c تحصر
بينها مناطق فيها مجموع عناصر المناطق التي حصرتها وعلى الطرف بعد 6.67 لدينا السمنتيت (كربيد) Fe_3c.

|| الألفا الفريتي α || الدلتا الفريتي δ || اوستنيت γ

- كلمة هيبو : تعني قبل التحول || كلمة هيبر : بعد التحول.
- ينتج عن التحول **اليوتكتويدي** عنصر البرليت **(فريت α , سمنتيت)**
  عند النقطة **S** و ما تحتها تكون البنية 100٪ برليت قبلها أفقياً يبدأ البرليت بالتناقص و الفريت بالتزايد عوضه حتى يصل إلى منطقته تصبح الخليطة 100٪ فريت وبعدها تصبح الخليطة برليت و سمنتيت فقط ، ويأخذ البرليت بالتناقص كلما ابتعدنا عن **S**.
- ينتج عن التحول اليوتكتيكي عنصر الليديبوريت (أوستنيت و سمنتيت)
  وينطبق عليه ما قلناه عن البرليت مع وجود
  - **a.** تحت الخط **PSK** يحل البرليت محل الأوستنيت.
  - **b.** يضاف للعناصر بين **C , E** سمنتيت **II**.
- بين **C , F** (6.67−4.3) السمنتيت أولي **I** و ما قبل يكون سمنتيت ثانوي **II**.
- الفريت δ , α تركيبه البلوري (الخلية الوحدية له) **BCC**
- اوستنيت γ هو **FCC** ، وفيه نسبة الكربون أعلى من **BCC**
- يقل ما نستنتجه من المخطط كلما كانت سرعة التبريد أو التسخين عالية.
- يمثل مخطط الحديد و الكربون بشكلين :
  - **a.** نظام شبه مستقر (حديد**Fe** – كربيد الحديد**Fe_3C**) وفيه يكون الكربون مرتبطاً كذرات في البنية الحديدية
  - **b.** نظام مستقر**(Fe – C)** يكون الكربون فيه حبيبياً على هيئة غرافيت
    وفي التقنية العملية يستخدم عادةً النظام شبه المستقر.
- تكون أطوار مختلفة للحديد حسب نسبة الكربون يعود إلى خاصية تآصل الحديد .
- التفاعل البريتكتيكي : $\delta + L \rightarrow \gamma$.
- التفاعل اليوتكتيكي : $L \rightarrow \gamma + Fe_3C$.
- التفاعل اليوتكتويدي : $\gamma \rightarrow \alpha + Fe_3C$.

مسألة شاملة :

خليطة من الحديد....

الطلب الأول : أوجد نسبة الكربون في هذه الخليطة أو نسبة عناصر البنية في هذه الخليطة ؟

إمّا أن يعطيك نسبة أحد العناصر (فريت – برليت....) ويدلّك على المنطقة الموجود فيها بكلمة (هيبويوتكتويدي...هيبرويوتكتويدي..)ويطلب نسبة الكربون:

الحل : عند معرفة المنطقة من المخطط التي ندرس عليها نعرف ممَّ تتكون البنية عندها (عناصر البنية) وبالتالي نعرف نسبة العنصر الآخر المعطى من أن مجموع العنصرين هو 100٪ – لمعرفة نسبة الكربون نطبق قانون العتلة على أن و القوى معلومة و الذراع مجهولة.

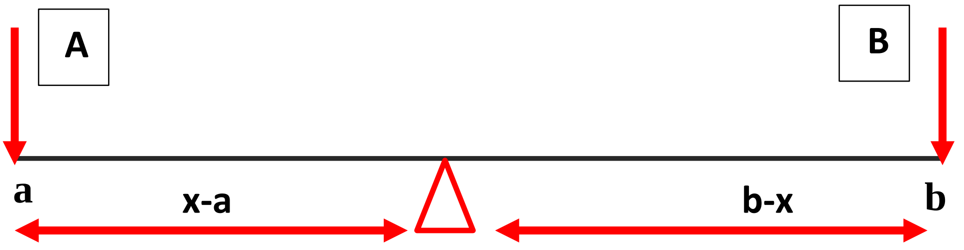
قانون العتلة :

لدينا الذراع وقوتين مؤثرتين على أطرافه ومسند يسنده.

ينص قانون العتلة على أن نسبة القوى على الذراع المقابلة لها – ذراع القوة الــأخرى – هي نسبة ثابتة.

مجموع البسوط على مجموع المقامات لنسبة ثابتة تساوي تلك النسبة.

$$\frac{1}{b-a} = \frac{A}{b-x} = \frac{B}{x-a}$$



- القوى تمثل عناصر البنية و x , b , a هي نسبة الكربون عند القوى و المسند , المسند يمثل نسبة الكربون المتواجد عندها في المسألة
- إذاً في الحالة ١ يكون لدينا A,B,a,b معلومة لنوجد x
- إذا في الحالة ٢ يكون لدينا x,a,b معلومة نجد A,B
- بقي أن ننوه : نطبق قانون العتلة لحساب عناصر البنية دون رفع درجة الحرارة بين p , s وفي حال كانت هيبويوتكتويدي أو أعطاك نسبة للفريت وبين s وامتداد k في حال كانت هيبريوتكتويدي أو أعطاك نسبة سمنتيت IIوذلك لأن تلك النقاط تمثل ١٠٠٪ من العنصر في الخليطة أما إذا أعطاك نسبة الكربون فتبعاً لها نحدد أية منطقة سنطبق عندها القانون.
- الطلب الثاني : الأطوار المشكلة لهذه الخليطة :

الحل : الأطوار المشكلة لهذه الخليطة أي ماهي العناصر الأساسية النقية المشكلة للخليطة بمعنى آخر إذا كنا مثلا في المجال الحراري الذي يوجد فيه البرليت – أي تحت ٧٢٣ – نقول أن البرليت مكون بالأصل من فريت و سمنتيت لتصبح عناصر البنية فريت وسمنتيت فقط.

وبالتالي نطبق قانون العتلة بين **p**حيث الفريت ١٠٠٪ وبين امتداد **k**حيث السمنتيت ١٠٠٪ لنحسب نسبة الفريت و السمنتيت عند نسبة الكربون الموجودين عندها (عند المسند الموجودين عنده).

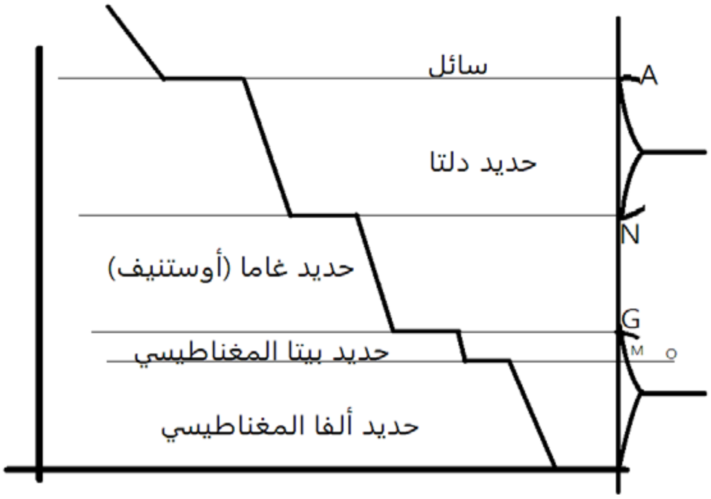
الطلب الثالث : الأطوار المشكلة لهذه الخليطة عند درجة حرارة –...–

• في الطلب الثاني لم يذكر أبداً درجة الحرارة وبالتالي ندرس الخليطة تحت ٧٢٣ أما عند تحديد درجة الحرارة (تحديد خط الأفقي) ولدينا نسبة الكربون نحصر المنطقة التي نريد دراستها ثم نعيد العناصر المركبة – الناتجة عن عنصرين – إن وجدت إلى عناصر الابتدائية ثم نطبق قانون العتلة بين نقطتين اللتان تعطيان نسبة ١٠٠٪ للعنصر في الخليطة.

• إذا كانت درجة الحرارة أكبر من ٧٢٣ وأصغر من ٩١٠ ندرس إحدى المنطقتين إما **psg** أو**secfk** وذلك حسب نسبة الكربون لدينا.

ملاحظة في الطلب الأول : ممكن أن يسأل عن نسبة الحديد ببساطة بعد حصولنا على نسبة الكربون نحسب نسبة الحديد حيث أن الخليطة مكونة فقط من حديد و كربون **Fe+c.**

الطلب الرابع : ارسم منحني التبريد للحديد النقي



انتهى الملخص ....

نرجو أن تكونوا قد استفدتم........